

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO AGRONEGÓCIO DO SUDESTE BRASILEIRO: monitoramento de cultura, pecuária e gestão de recursos

JANETE FERNANDES SILVA

CLÁUDIA APARECIDA AVELAR FERREIRA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS (PUC MINAS) - PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ADMINIST

Introdução

O agronegócio brasileiro consolidou-se como um setor estratégico, tanto para a economia nacional quanto para a segurança alimentar global. Contudo, a crescente pressão por eficiência produtiva e sustentabilidade tem imposto desafios que exigem inovações tecnológicas de impacto. Nesse cenário, a IA emerge como um recurso estratégico de transformação, capaz de reconfigurar a produção agrícola e pecuária, além de otimizar a gestão integrada dos recursos naturais. Estudos recentes têm evidenciado seu potencial em diferentes áreas do agronegócio contribuindo para uma agricultura mais sustentável.

Fundamentação e Discussão

Este trabalho apresenta uma análise reflexiva sobre o uso da inteligência artificial (IA) no agronegócio, com base em artigos, dissertações e teses produzidos nos anos de 2019 a 2025. A investigação foi organizada em três subcategorias: monitoramento de culturas, pecuária de precisão e gestão de recursos. A análise evidencia como as técnicas de aprendizado de máquina, redes neurais, sensoriamento remoto, fusão de sensores e estatística avançada estão sendo aplicadas em diferentes contextos produtivos e mostra tendências de integração entre IA, Internet das Coisas (IoT), robótica, Big Data etc.

Conclusão

A análise da produção científica sobre IA aplicada ao agronegócio no Sudeste do Brasil evidencia uma evolução temporal e tecnológica significativa. Estudos anteriores a 2020 concentram-se em aplicações pontuais e experimentais, muitas vezes restritas a uma tecnologia ou contexto específico. Já as publicações mais recentes indicam uma tendência clara de integração sistêmica da IA com outras tecnologias emergentes. A evolução temporal e tecnológica demonstra que, quando integrada a sensores, sistemas de gestão, IoT e Big Data, a IA pode promover eficiência produtiva, redução de perdas etc.

Referências

PEREIRA, G.M.S. Mapeamento do uso e cobertura da terra utilizando séries temporais de imagens do satélite Venüs e algoritmos de aprendizado de máquina. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Instituição de Ensino, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

SHARMA, K.; SHIVANDU, S.K. Integrating artificial intelligence and Internet of Things (IoT) for enhanced crop monitoring and management in precision agriculture. *Sensors International*, v.5, p.1-12, 100292, 2024

Palavras Chave

Inteligência artificial, Tecnologias, Agronegócios

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO AGRONEGÓCIO DO SUDESTE BRASILEIRO: monitoramento de cultura, pecuária e gestão de recursos

Dr^a Janete Fernandes Silva

Universidade Federal de Minas Gerais/ ECI

Dr^a Cláudia Aparecida Avelar Ferreira

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / PPGA

RESUMO

Este ensaio reflexivo apresenta uma síntese analítica de artigos, dissertações e teses publicadas entre 2019 e 2025, destacando avanços, limitações e perspectivas futuras nas áreas de monitoramento de culturas, pecuária de precisão e gestão de recursos na região Sudeste do Brasil. A escolha do Sudeste justifica-se por sua relevância econômica e tecnológica, concentrando polos de pesquisa e inovação, além de apresentar desafios estruturais, como desigualdade no acesso à tecnologia, limitações logísticas e pressões ambientais. A metodologia consistiu em pesquisa bibliográfica sistematizada, com análise qualitativa e crítica, considerando técnicas de IA aplicadas, tipos de dados utilizados e impactos sobre produtividade, sustentabilidade e eficiência operacional. Os resultados indicam que a IA aprimora a precisão no monitoramento de culturas, aperfeiçoa insumos e recursos, antecipa riscos e melhora a previsão de produtividade. Na pecuária, observa-se potencial para rastreabilidade, monitoramento da saúde animal e automação de processos, enquanto na gestão de recursos, algoritmos de aprendizado de máquina e estatística bayesiana permitem decisões mais confiáveis e sustentáveis. Conclui-se que a IA constitui vetor estratégico para inovação, competitividade e sustentabilidade do agronegócio regional, demandando integração entre tecnologia, políticas públicas e capacitação técnica para ampliar a adoção de soluções digitais.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Agronegócio, Pecuária de Precisão, Agricultura de Precisão, Sudeste do Brasil.

**Artificial Intelligence in Agribusiness in Southeast Brazil: crop monitoring, livestock,
and resource management**

ABSTRACT

This study provides an analytical synthesis of articles, dissertations, and theses published between 2019 and 2025, highlighting advances, limitations, and future perspectives in crop monitoring, precision livestock farming, and resource management in the Southeast region of Brazil. The Southeast was selected due to its economic and technological significance, concentrating research and innovation hubs while facing structural challenges such as unequal access to technology, logistical constraints, and environmental pressures. The methodology consisted of a systematic literature review with qualitative and critical analysis, considering applied AI techniques, types of data used, and impacts on productivity, sustainability, and operational efficiency. The results indicate that AI improves the accuracy of crop monitoring,

optimizes inputs and resources, anticipates risks, and enhances yield prediction. In livestock farming, AI shows potential for traceability, animal health monitoring, and process automation, while in resource management, machine learning algorithms and Bayesian statistics support more reliable and sustainable decision-making. The study concludes that AI is a strategic driver for innovation, competitiveness, and sustainability in regional agribusiness, requiring the integration of technology, public policies, and technical training to expand the adoption of digital solutions.

Keywords: Artificial Intelligence, Agribusiness, Precision Livestock Farming, Precision Agriculture, Southeast Brazil

1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem se consolidado como um vetor estratégico de transformação no agronegócio, impactando diretamente o monitoramento de culturas, a gestão de recursos e a eficiência produtiva. Ao integrar grandes volumes de dados provenientes de sensores de solo e clima, drones, imagens de satélite, sistemas digitais e dispositivos móveis, a IA viabiliza análises preditivas, detecção precoce de falhas e tomada de decisão baseada em evidências (IRIGARAY et al., 2025). Essa capacidade tecnológica promove a transição da agricultura convencional para a agricultura de precisão, reduzindo o uso de insumos, minimizando desperdícios, otimizando recursos naturais e fortalecendo a sustentabilidade econômica e ambiental.

Estudos recentes demonstram que a implementação de IA contribui não apenas para ganhos produtivos, mas também para a mitigação de impactos ambientais e para a resiliência das cadeias produtivas frente às variabilidades climáticas. No contexto da inovação e competitividade do agronegócio, a IA desempenha papel central ao integrar sistemas inteligentes que permitem identificar fragilidades no plantio, antecipar riscos sanitários e otimizar processos logísticos e de distribuição.

A convergência com tecnologias emergentes, como aprendizado de máquina, redes neurais profundas, robótica avançada, Internet das Coisas (IoT) e Big Data, amplia o potencial analítico e operacional do setor. Essas tecnologias possibilitam a automação de tarefas repetitivas, a previsão de safras, a detecção de pragas e doenças, e a otimização do uso de fertilizantes e água. Além disso, democratizam o acesso à inovação, permitindo que produtores de diferentes portes e regiões possam adotar soluções digitais que antes eram restritas às grandes empresas. A integração de IA com sistemas de suporte à decisão favorece uma agricultura mais conectada e alinhada aos princípios de sustentabilidade socioambiental.

Diante da complexidade crescente do setor e da rápida incorporação de tecnologias digitais, torna-se essencial compreender de forma sistemática as diferentes formas de aplicação da IA no agronegócio. O objetivo geral deste trabalho é realizar uma síntese analítica de artigos, dissertações e teses publicadas entre 2019 e 2025, destacando avanços, limitações e perspectivas futuras nas áreas de monitoramento de culturas, pecuária de precisão e gestão de recursos. Para isso, adotou-se uma metodologia de levantamento bibliográfico sistematizado, com análise qualitativa e crítica da produção científica nacional, permitindo identificar tendências, lacunas de conhecimento, oportunidades para pesquisas futuras e aspectos estruturais e tecnológicos que condicionam a implementação em larga escala (BATISTA; KUMADA, 2021; BRAUCKS et al., 2025).

A escolha da região Sudeste como foco deste estudo justifica-se pela sua relevância histórica, econômica e tecnológica no cenário agropecuário nacional. Responsável por parcela expressiva do produto interno bruto (PIB) agrícola brasileiro e por abrigar importantes polos de pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico, como universidades, centros de

pesquisa da Embrapa e organizações estaduais de fomento, o Sudeste apresenta condições ideais para a análise da incorporação da IA ao agronegócio.

Além disso, a região combina alta produtividade com desafios estruturais persistentes, como desigualdades no acesso à tecnologia, limitações logísticas e pressões ambientais, se configurando como um território representativo para compreender tanto o potencial transformador da IA quanto os entraves à sua adoção em larga escala. Dessa forma, o estudo dessa região permite não apenas identificar boas práticas e tendências inovadoras, mas também apontar caminhos que possam ser replicadas em outras partes do país.

A relevância desta investigação também reside na necessidade de consolidar uma visão abrangente e atualizada do estado da arte da IA no agronegócio, subsidiando políticas públicas, estratégias de desenvolvimento rural e iniciativas de inclusão tecnológica. Embora os estudos revelem um potencial significativo para o aumento da produtividade, otimização de recursos e promoção da sustentabilidade, sua aplicação prática ainda enfrenta desafios, como a qualidade e padronização dos dados, interoperabilidade entre sistemas, capacitação técnica de usuários e limitações de infraestrutura, especialmente em contextos de agricultura familiar.

Aspectos econômicos, regulatórios e de segurança cibernética também impactam a implementação efetiva de soluções digitais. A convergência entre aprendizado de máquina, algoritmos de otimização, robótica e IoT aponta para um futuro em que a agricultura será cada vez mais digital, mas cujo sucesso dependerá de planejamento estratégico, governança adequada, adaptação social e políticas públicas consistentes.

Esse ensaio reflexivo apresenta estudos recentes evidenciam contribuições significativas, como maior precisão nas estimativas de produtividade, desenvolvimento de estratégias agrícolas mais sustentáveis, melhor uso de insumos e possibilidade de aplicação em políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural. Além disso, a IA está fomentando a inovação no setor, incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias que podem transformar a forma como os recursos agrícolas são geridos, promovendo uma agricultura mais inteligente. Dessa forma, a consolidação da IA no agronegócio representa não apenas um avanço tecnológico, mas também um vetor essencial para o desenvolvimento sustentável e competitivo do setor agrícola brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agronegócio do Sudeste brasileiro: barreiras e desafios

A agropecuária brasileira desempenha papel central na economia nacional desde períodos coloniais, mantendo relevância significativa mesmo diante da crescente industrialização e urbanização. A região Sudeste concentra atividades agropecuárias de grande importância econômica, destacando-se na produção de cana-de-açúcar, café arábica, leite de vaca e laranja conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2012; PIRES, 2013).

Essa relevância econômica é evidenciada pelo número expressivo de estabelecimentos agropecuários, que, segundo o Censo Agropecuário de 2006, totalizavam 892.049, dos quais 699.978 eram classificados como familiares, evidenciando a predominância da agricultura familiar no território (IBGE, 2012). Apesar de ser maioria em número, os agricultores familiares contribuem com menor proporção do valor da produção, sendo os grandes e médios produtores responsáveis pela maior parte da riqueza.

Entre 1970 e 2009, a participação do Sudeste no PIB agropecuário nacional decresceu de 34,2% para 27,1%, em função da expansão agrícola em outras regiões, especialmente no Centro-Oeste, embora o Sudeste tenha mantido liderança relativa em termos setoriais (IBGE, 2012). A distribuição da utilização do solo reforça essa dinâmica: lavouras permanentes

predominam em estados como São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, voltadas para culturas de alto valor, enquanto pastagens plantadas e naturais ocupam parcela significativa da área, refletindo esforços de intensificação produtiva.

Entretanto, a preservação ambiental ainda apresenta limitações, com áreas de preservação permanente e reservas legais inferiores à média nacional, o que indica a necessidade de políticas de conservação mais efetivas (CASTRO,2012,2013). A competitividade da agropecuária regional está intimamente ligada à infraestrutura logística, que historicamente priorizou o transporte rodoviário devido ao menor custo e maior flexibilidade operacional. Apesar disso, apenas 35% das vias navegáveis são efetivamente utilizadas, em razão da falta de terminais hidroviários e obras de intervenção nos rios, e cerca de 30% das rodovias apresentam condições ruins ou péssimas, elevando custos e afetando a eficiência operacional conforme Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis-IBP; Centro de Estudos em Logística-CEL/Coppead – Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração/ Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ (IBP-CEL/COOPEAD?UFRJ, 2007).

Paralelamente, a malha ferroviária, historicamente associada à expansão do café, representa aproximadamente metade de toda a rede ferroviária brasileira, mas sua precariedade torna o transporte de cargas quase secundário frente ao rodoviário (PÉRICO; SANTANA, 2010). Embora as rodovias do Sudeste sejam melhores que as de outras regiões, ainda não atingiram condições ideais, e a navegação fluvial permanece pouco explorada, mesmo em rios como Tietê e Paraná. Estudos indicam que investimentos estratégicos em transporte impactam diretamente a produtividade total dos fatores na agricultura, reforçando a necessidade de políticas públicas direcionadas à infraestrutura (MENDES et al.,2009).

Além das limitações logísticas, o setor enfrenta desafios tecnológicos e de mecanização. Cerca de 50% dos estabelecimentos não aplicam adubos, e apenas 17% possuem tratores, restringindo operações essenciais como semeadura, adubação e aplicação de defensivos (IBGE, 2012). A infraestrutura de armazenamento também é insuficiente, com número reduzido de tanques de leite e silos para grãos, dificultando a comercialização e preservação da produção, comprometendo a competitividade regional.

O acesso à assistência técnica e extensão rural é desigual. Menos de 50% dos estabelecimentos recebem orientação técnica, com cobertura mais elevada em São Paulo e menor em Minas Gerais, especialmente no norte do estado, enquanto aproximadamente 20% dos agricultores são analfabetos e quase 50% não completaram o ensino fundamental, dificultando a adoção de tecnologias e práticas agrícolas eficazes (IBGE, 2012; CASTRO, 2012). Essa limitação compromete a difusão de inovações e o desempenho produtivo regional.

A obtenção de crédito rural também apresenta barreiras significativas: em Minas Gerais, cerca de 40% dos estabelecimentos não obtiveram financiamento por motivos como burocracia, medo de endividamento ou ausência de garantias, enquanto em São Paulo a maioria que não obteve crédito não necessitava (IBGE, 2012). A restrição ao financiamento limita investimentos em mecanização, tecnologia e infraestrutura, restringindo a competitividade da agropecuária regional.

Para que a agropecuária do Sudeste possa se desenvolver plenamente, é necessário integrar esforços em infraestrutura, inovação tecnológica, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento social. A expansão da malha ferroviária e o aproveitamento de hidrovias são apontados como medidas capazes de reduzir custos logísticos e ampliar competitividade (PÉRICO; SANTANA, 2010), enquanto o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) prevê investimentos em infraestrutura de transporte, ainda que insuficientes diante das demandas regionais (RIBEIRO et al., 2008).

A sustentabilidade ambiental também é fundamental: programas como o Agricultura de Baixo Carbono promovem recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, recomposição de áreas de preservação permanente e incentivos à adoção de técnicas agrícolas sustentáveis, contribuindo para redução de emissões de gases de efeito estufa e aumento da competitividade regional (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA, 2012).

O Sudeste possui a maior rede de instituições de pesquisa agropecuária do país, incluindo universidades federais e estaduais, Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- e Oepas - Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária. A inovação tecnológica depende da difusão dos resultados de pesquisa para os produtores, reforçando a importância de um sistema de assistência técnica e extensão rural participativo e eficaz.

A pesquisa voltada à cana-de-açúcar, principal produto regional, exemplifica a necessidade de soluções tecnológicas adaptadas aos desafios climáticos e regulatórios. Paralelamente, o fortalecimento da agricultura familiar é essencial, considerando que a baixa escala de produção e o reduzido poder de barganha frente aos oligopsônios comprometem a renda dos pequenos produtores. Estratégias como agregação de valor, diversificação produtiva e promoção do associativismo podem ampliar competitividade e inserção no mercado. O desenvolvimento social rural está, portanto, intrinsecamente ligado à viabilidade econômica da agropecuária (EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS -EMATER/MG, 2024).

A gestão de recursos naturais constitui outro desafio relevante, dado o crescente estresse hídrico e a degradação ambiental na região, exigindo soluções inovadoras para o manejo sustentável da água e do solo (CASTRO, 2012; HOULLIER, 2013). Nesse contexto, a inteligência artificial vem sendo incorporada ao agronegócio como ferramenta estratégica para análise de fatores ambientais, biológicos e econômicos altamente dinâmicos (SANTOS; KLINCZAK, 2024)

2.2 Inteligência artificial aplicada ao agronegócio

O emprego de técnicas avançadas de IA no agronegócio tem se consolidado como uma abordagem estratégica para transformar grandes volumes de dados agrícolas, frequentemente heterogêneos e dinâmicos, em informações precisas e acessíveis. Essa capacidade de conversão de dados em conhecimento operacional permite apoiar a tomada de decisão em múltiplos níveis, desde a gestão diária de cultivos e rebanhos até o planejamento estratégico em escala regional e nacional, promovendo maior assertividade e resiliência nas operações do setor (SARAIVA, 2024).

Entre as ferramentas mais relevantes, destacam-se os sistemas de aprendizado de máquina (*machine learning*) e redes neurais profundas (*deep learning*), que demonstram elevada eficácia na monitoração contínua de culturas e rebanhos, na previsão de produtividade agrícola e pecuária, na detecção precoce de pragas e doenças, e na otimização do uso de recursos naturais e insumos (HU et al., 2020; REDMON et al., 2016; NEZAMI et al., 2020). Essas tecnologias permitem a construção de modelos preditivos capazes de analisar grandes conjuntos de dados multiespectrais, climáticos, genéticos e de manejo, antecipando riscos e oportunidades antes mesmo que estes se manifestem de forma crítica no campo.

No âmbito das aplicações práticas, a pecuária de precisão exemplifica o uso de sensores inteligentes e dispositivos de Internet das Coisas (IoT) para monitoramento individual de animais, proporcionando indicadores detalhados de saúde, comportamento e desempenho produtivo. De forma complementar, a agricultura de precisão utiliza drones equipados com câmeras multiespectrais, imagens de satélite e técnicas avançadas de processamento de séries temporais para segmentação detalhada das áreas de cultivo, detecção

de estresse hídrico e nutricional, e identificação precoce de pragas e doenças (LIN et al., 2017; CASTRO et al., 2020; OSCO et al., 2021). Tais aplicações não apenas elevam a eficiência operacional, mas também permitem intervenções cirúrgicas, minimizando desperdícios e reduzindo impactos ambientais.

Além dos ganhos operacionais, a IA desempenha papel estratégico na sustentabilidade e na competitividade do setor. Ela possibilita aprimoramento logística, redução de perdas pós-colheita, melhor aproveitamento de insumos e antecipação de cenários climáticos e de mercado, promovendo decisões baseadas em evidências que aumentam a adaptabilidade das cadeias produtivas. Dessa maneira, o agronegócio brasileiro tende a se consolidar como um setor cada vez mais digital, inteligente e sustentável, alinhado às demandas socioambientais contemporâneas e às exigências do comércio global (RAMOS et al., 2022).

Portanto, a integração entre inovação tecnológica, práticas de sustentabilidade, desenvolvimento social e gestão eficiente de recursos naturais configura-se como um vetor essencial para o crescimento competitivo e responsável da agropecuária, especialmente na região Sudeste do Brasil. A aplicação estratégica da IA no agronegócio transcende o aumento da produtividade, tornando-se um instrumento decisivo para o estabelecimento de sistemas agroalimentares adaptáveis às mudanças climáticas, eficientes no uso de recursos e capazes de atender simultaneamente às demandas econômicas, ambientais e sociais (VASCONCELOS, et al., 2024).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo baseou-se em uma pesquisa de natureza bibliográfica sistematizada, com enfoque na identificação, análise e síntese de produções científicas relacionadas à aplicação de IA no agronegócio da região Sudeste do Brasil. A pesquisa bibliográfica permitiu o levantamento de informações teóricas e empíricas, fornecendo subsídios para a compreensão do estado da arte, a identificação de tendências tecnológicas e a detecção de lacunas de conhecimento no setor agropecuário regional. Desta forma, foi possível integrar as categorias de estudo como monitoramento de culturas, pecuária de precisão e gestão de recursos naturais (BRAUCKS et al., 2025; BATISTA; KUMADA, 2021).

A coleta de dados ocorreu em 13 de setembro de 2025, utilizando fontes primárias de informação, incluindo o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e buscas direcionadas via Google Acadêmico. Para garantir a relevância e especificidade das produções selecionadas, foram empregadas expressões de busca estruturadas como: “IA + monitoramento de culturas + Sudeste”, “IA + pecuária de precisão + Sudeste” e “IA + gestão de recursos + Sudeste”. A definição dessas palavras-chave considerou a necessidade de mapear os estudos que abordassem tanto aspectos tecnológicos quanto aplicados da IA no contexto agropecuário regional.

Do total de 20 teses e dissertações inicialmente identificadas, apenas aquelas com recorte geográfico restrito à região Sudeste foram selecionadas para análise. Na categoria de monitoramento de culturas, de nove produções mapeadas, quatro atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos, sendo uma tese e três dissertações. No âmbito da pecuária de precisão, das seis produções inicialmente localizadas, apenas uma dissertação foi considerada pertinente. Já em relação à gestão de recursos, das cinco produções levantadas, três foram incluídas, uma tese de doutorado e duas dissertações, com foco na categorização da literatura e identificação de padrões tecnológicos emergentes (BATISTA; KUMADA, 2021).

Paralelamente, foram analisados artigos científicos indexados em bases de dados nacionais e internacionais, totalizando oito publicações relevantes, utilizando as mesmas

expressões de busca aplicadas às teses e dissertações. Observou-se que há uma quantidade ainda restrita de estudos que integrem de forma articulada os temas de IA, monitoramento de culturas, pecuária de precisão e gestão de recursos na região Sudeste, evidenciando a necessidade de aprofundamento em pesquisas que explorem a convergência dessas áreas.

O método de análise adotado foi qualitativo, de caráter descritivo e reflexivo, permitindo examinar a literatura com atenção às tendências, avanços tecnológicos, lacunas metodológicas e resultados reportados. A análise considerou aspectos como a aplicabilidade das técnicas de IA, tipos de dados utilizados, metodologias empregadas nos estudos e impactos observados sobre a produtividade, sustentabilidade e gestão dos sistemas agropecuários. Esse procedimento possibilitou não apenas a sistematização do conhecimento existente, mas também a identificação de oportunidades de investigação futura, destacando áreas estratégicas para a aplicação de IA no setor.

Dessa forma, a metodologia adotada assegura rigor científico e robustez analítica, oferecendo uma base sólida para a compreensão crítica da evolução da IA aplicada ao agronegócio na região Sudeste. Ao mesmo tempo, permite delinear caminhos para pesquisas futuras que integram inovação tecnológica, sustentabilidade ambiental e eficiência produtiva, fornecendo subsídios relevantes para o desenvolvimento do setor agropecuário regional de forma competitiva e tecnologicamente avançada.

4 RESULTADOS: análise e discussão

Antes de abordar os resultados, é importante situar a análise no contexto das limitações e desafios inerentes às pesquisas em produtividade agrícola, sustentabilidade e políticas urbanas. Ressalta-se que o último censo agropecuário disponível é do ano de 2012 (IBGE, 2012) o que limita a análise. Destaca-se os avanços observados sejam promissores, fatores como a heterogeneidade regional, a disponibilidade de dados e a implementação prática das recomendações podem influenciar a efetividade das soluções propostas. Essa reflexão inicial permite uma interpretação mais cautelosa dos achados, destacando tanto as contribuições quanto os aspectos que demandam atenção futura.

Nesse contexto, os resultados evidenciam contribuições relevantes que corroboram teorias sobre eficácia produtiva e desenvolvimento sustentável. A maior precisão nas estimativas de produtividade reforça a importância de métodos quantitativos avançados, alinhando-se às abordagens de modelagem agrícola preconizadas por estudiosos da área, que destacam a necessidade de dados detalhados e análises espaciais para a gestão agrícola (VASCONCELOS, SANTOS, 2024)

A eficiência observada no desenvolvimento de tratamentos agrícolas sustentáveis dialoga com os princípios da agroecologia e da intensificação sustentável, que buscam conciliar aumento de produtividade com a preservação ambiental. Além disso, a possibilidade de aplicação desses achados em políticas públicas de habitação e ordenamento urbano (SANTOS, 2023) ilustra a interface entre ciência aplicada e planejamento territorial, tema amplamente discutido em estudos sobre governança urbana e sustentabilidade regional (MANOEL, ANDION, 2023).

A concentração dessas produções no estado de São Paulo reforça seu papel como polo científico e tecnológico do Sudeste, evidenciando como contextos regionais de inovação influenciam a disseminação e o impacto do conhecimento científico. O monitoramento de culturas também se destaca como a área em que a IA mais se consolidou, revelando ampla diversidade de técnicas e metodologias.

Entre as tecnologias relatadas destacam-se aprendizado de máquina, redes neurais artificiais, algoritmos genéticos, fusão de sensores, imagens multiespectrais e o uso de drones.

Oliveira (2022) demonstrou a eficácia do aprendizado de máquina na diferenciação de tomates orgânicos e convencionais; Lima (2019) evidenciou a redução de erros em mapas de produtividade da cana-de-açúcar por meio da fusão de sensores em redes neurais; Gomes (2023) apontou alternativas sustentáveis para o tratamento de sementes de soja com apoio da análise de imagens multiespectrais; enquanto Santos (2023) ampliou a aplicação da IA para além do setor agrícola, demonstrando seu potencial em estudos urbanos e socioambientais.

Além disso, artigos recentes ressaltam uma tendência de integração da IA com tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), Big Data e robótica (CARVALHO; GUIMARAES, 2024). Essa convergência aponta para um uso cada vez mais estratégico e preditivo da IA, capaz de redefinir o monitoramento de culturas e promover maior eficiência, sustentabilidade e inovação no agronegócio, veja quadro 1.

Quadro 1: Estudos, técnicas, aplicações e principais contribuições

Estudo / Ano	Local / Instituição	Cultura / Área	Técnica de IA / Tecnologia	Aplicação	Contribuições Principais
Lima (2019)	USP	Cana-de-açúcar	Fusão de sensores + Redes neurais	Mapas de produtividade em colhedoras	Redução de erros em estimativas de produtividade; maior precisão no monitoramento de culturas
Oliveira (2022)	UNICAMP	Tomate (orgânico e convencional)	Aprendizado de máquina + Espectrometria de massas	Diferenciação entre tomates orgânicos e convencionais	Maior precisão na classificação; suporte a certificação e qualidade do produto
Gomes (2023)	USP	Soja	Imagens multiespectrais + IA	Avaliação de tratamento de sementes com micronutrientes	Identificação de tratamentos agrícolas sustentáveis; otimização do uso de insumos
Santos (2023)	INPE / São José dos Campos	Áreas urbanas e socioambientais	Sensoriamento remoto + IA	Identificação de padrões urbanos e socioambientais	Possibilita suporte a políticas públicas de habitação e ordenamento urbano; aplicação além do setor agrícola
Carvalho; Guimaraes (2024)	Sudeste	Diversas	IA integrada com IoT, Big Data e Robótica	Monitoramento e predição em culturas	Tendência de uso estratégico e preditivo da IA; aumento da eficiência, sustentabilidade e inovação no agronegócio

Fonte: elaborado pelas autoras, 2025.

Na pecuária, a aplicação da IA ainda se encontra em estágio inicial e majoritariamente experimental, sobretudo na região Sudeste. A análise revelou apenas uma dissertação selecionada, desenvolvida em Minas Gerais (SOUZA, 2022), que avaliou o uso de microchips térmicos associados a algoritmos de aprendizado de máquina para detectar alterações fisiológicas em bezerros leiteiros, utilizando a anaplasmosose como modelo de doença. Embora os resultados tenham demonstrado potencial, também evidenciaram limitações na qualidade preditiva das medições, indicando a necessidade de aprimoramento tecnológico e metodológico.

Apesar dessas restrições, observa-se o avanço gradual de pesquisas e aplicações voltadas à automação de processos e à integração de sistemas. Arantes et al. (2024), por exemplo, destacaram a incorporação de ferramentas de IA generativa, como o ChatGPT 4.0, e softwares de gestão empresarial, ERP (*Enterprise Resource Planning*) e CRM (*Customer Relationship Management*) no setor lácteo. Tais recursos têm sido empregados na análise de qualidade, no aprimoramento de fluxos produtivos e na automação de rotinas gerenciais, revelando uma perspectiva promissora de transformação digital no segmento.

Essas experiências sugerem que, embora algumas soluções baseadas em dispositivos de monitoramento individual ainda enfrentam barreiras técnicas, como baixa acurácia ou necessidade de calibração avançada, há uma tendência clara de integração entre biotecnologia, sensores inteligentes e IA. Essa convergência aponta para um futuro em que o monitoramento contínuo da saúde animal, a rastreabilidade produtiva e a gestão de custos operacionais possam ser conduzidas de maneira mais eficiente e sustentável.

A baixa representatividade de pesquisas na área de pecuária de precisão no Sudeste, quando comparada ao monitoramento de culturas, evidencia a urgência de fomentar investigações que aliam a IA, biotecnologia e bem-estar animal. Tal lacuna não apenas limita o avanço científico regional, mas também compromete o potencial de inovação tecnológica em um setor que possui elevada relevância econômica e social para o Brasil, veja dados no quadro 2.

Quadro 2- Aplicações da IA na pecuária, incluindo tecnologia, aplicações e contribuições principais

Estudo / Ano	Local / Instituição	Área / Aplicação	Tecnologia / Ferramenta	Objetivo	Contribuições Principais
Souza (2022)	UFLA, Minas Gerais	Pecuária de leite	Microchips térmicos + Aprendizado de máquina	Detectar alterações fisiológicas em bezerras, usando anaplasmoses como modelo	Demonstrou potencial de monitoramento contínuo da saúde animal, identificação precoce de doenças e suporte à gestão sanitária
Arantes et al. (2024)	Sudeste	Setor lácteo	IA generativa (ChatGPT 4.0) + Softwares de gestão (ERP/CRM)	Otimização de análises de qualidade e fluxos produtivos; automação de rotinas gerenciais	Evidenciou a automação de processos, melhoria da eficiência operacional e suporte à tomada de decisão no setor lácteo
Carvalho, Guimaraes (2024)	Sudeste	Pecuária de precisão	Integração entre biotecnologia, sensores inteligentes e IA	Monitoramento contínuo da saúde animal e gestão de custos	Indicou perspectivas futuras de rastreabilidade, bem-estar animal e inovação tecnológica, apontando caminhos para a pecuária de precisão

Fonte: elaborado pelas autoras, 2025.

A gestão de recursos naturais e agrícolas tem se consolidado como um campo estratégico para a aplicação da IA promovendo não apenas aumentos de produtividade, mas também avanços na sustentabilidade, no planejamento territorial e na formulação de políticas públicas. A literatura recente demonstra a eficácia de diferentes técnicas de IA em cenários

diversos no Sudeste do Brasil, evidenciando a capacidade desses métodos de lidar com complexidade, heterogeneidade espacial e incertezas associadas aos sistemas naturais e produtivos.

Em São Paulo, Queiroz (2023) aplicou algoritmos de aprendizado de máquina para o manejo da irrigação e a estimativa da produtividade do milho. O estudo comparou o desempenho de diferentes modelos, incluindo *Support Vector Regression* (SVR), *Multi-Layer Perceptron Regressor* (MLPR) e o algoritmo *Histogram-based Gradient Boosting Regressor* (HGBR). Os resultados indicaram que o HGBR apresentou maior precisão preditiva, demonstrando capacidade de capturar relações não lineares complexas entre variáveis climáticas, irrigação e produtividade, o que sugere aplicações práticas para agricultura de precisão e otimização do uso de água em regiões com escassez hídrica.

Ainda em São Paulo, Pereira (2021) investigou a classificação do uso da terra em áreas heterogêneas por meio de *Random Forest e Support Vector Machine* (SVM), utilizando imagens do satélite VEN μ S. Os algoritmos mostraram bom desempenho em contextos com alta variabilidade espacial, permitindo mapeamentos mais precisos de cobertura e uso do solo. Esses resultados são particularmente relevantes para políticas de zoneamento agrícola e ambiental, monitoramento de desmatamento e planejamento territorial, fornecendo dados confiáveis para gestores e formuladores de políticas públicas.

Em Minas Gerais, Zarzar (2023) aplicou estatística bayesiana hierárquica na modelagem de crescimento do camarão, visando corrigir vieses em dados de aquicultura e melhorar a precisão de previsões sobre desempenho produtivo. A abordagem bayesiana permitiu incorporar diferentes níveis de variabilidade, entre tanques, lotes e condições ambientais, resultando em estimativas mais robustas e reduzindo a incerteza inerente aos modelos tradicionais. Essa metodologia representa um avanço significativo na modelagem científica aplicada, fortalecendo a base para decisões estratégicas em aquicultura e gestão de recursos hídricos.

Coletivamente, esses estudos evidenciam que a IA na gestão de recursos não se limita aos ganhos imediatos de produtividade, mas também promove maior confiabilidade em modelagens complexas, no melhor uso de insumos, apoia a sustentabilidade ambiental e contribui para o desenvolvimento de políticas públicas baseadas em evidências. Além disso, o Sudeste brasileiro destaca-se como um polo de inovação na integração de ciência de dados, agricultura de precisão e gestão ambiental, servindo como modelo para aplicação de IA em contextos de alta complexidade socioambiental, veja mais informações no quadro 3.

Quadro 3- Comparação de abordagens e resultados

Área de Aplicação	Algoritmo / Método de IA	Vantagens	Limitações / Desafios
Milho / Irrigação	HGBR, SVR, MLPR	Alta precisão; captura relações não lineares	Dependência de dados climáticos completos
Uso da Terra	Random Forest, SVM	Robusto em heterogeneidade espacial; interpretável	Sensível a qualidade das imagens de satélite
Aquicultura Crescimento	Estatística Bayesiana Hierárquica	Corrige vieses; reduz incertezas	Complexidade computacional; exige modelagem hierárquica detalhada

Fonte: elaborado pelas autoras, 2025.

Observa-se a diversidade e o estágio de maturidade da IA nos setores agrícola, de gestão de recursos e pecuário no Sudeste do Brasil. No monitoramento de culturas, há ampla aplicação de técnicas como redes neurais, aprendizado de máquina e integração com IoT,

destacando-se em produtividade, sustentabilidade e automação em tempo real. Na gestão de recursos, algoritmos como HGBR, *Random Forest*, SVM e estatística bayesiana hierárquica são empregados para modelagem, previsão e suporte à decisão em escalas maiores, enfatizando planejamento territorial e confiabilidade de modelos.

A pecuária, ainda em fase experimental, utiliza aprendizado de máquina, IA generativa e sensores inteligentes, com potencial para monitoramento contínuo, rastreabilidade e automação de processos, mas requer avanços tecnológicos e metodológicos. Comparativamente, observa-se maior consolidação da IA em culturas e gestão de recursos, enquanto a pecuária apresenta oportunidades estratégicas de inovação, especialmente na integração entre IA, biotecnologia e bem-estar animal, como se pode verificar no quadro 4.

Quadro 4: Comparando as IA e suas principais funções no monitoramento de cultura, gestão de recursos e pecuária

Setor	Técnica de IA	Função Principal
Monitoramento de Culturas	Redes neurais + Fusão de sensores	Mapas de produtividade mais precisos em colhedoras
	Aprendizado de máquina + Espectrometria de massas	Classificação de tomates orgânicos e convencionais
	IA + Imagens multiespectrais	Avaliação de tratamento de sementes de soja e práticas sustentáveis
	IA + Sensoriamento remoto	Identificação de padrões urbanos e socioambientais
	IA + IoT, Big Data e Robótica	Monitoramento preditivo e automatizado em tempo real
Gestão de Recursos	HGBR, SVR, MLPR	Predição da produtividade do milho e manejo de irrigação
	Random Forest, SVM	Classificação do uso da terra em áreas heterogêneas
	Estatística Bayesiana Hierárquica	Correção de vieses em modelos de crescimento em aquicultura
Pecuária	Aprendizado de máquina + Microchips térmicos	Monitoramento de alterações fisiológicas em bezerros
	IA generativa + ERP/CRM	Automação de rotinas e análise de qualidade no setor lácteo
	IA + Sensores inteligentes + Biotecnologia	Monitoramento contínuo da saúde animal e rastreabilidade

Fonte: elaborado pelas autoras, 2025.

A análise da produção científica sobre IA aplicada ao agronegócio no Sudeste do Brasil comprova uma evolução temporal e tecnológica significativa. Estudos anteriores a 2020 concentram-se em aplicações pontuais e experimentais, muitas vezes restritas a uma tecnologia ou contexto específico. Já as publicações mais recentes indicam uma tendência clara de integração sistêmica da IA com outras tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), Big Data, sensoriamento remoto e robótica, ampliando o alcance das aplicações e permitindo abordagens preditivas e automatizadas (SHARMA; SHIVANDU, 2024). A análise espacial da produção científica revela uma distribuição desigual no Sudeste.

O estado de São Paulo concentra a maioria dos estudos, especialmente em monitoramento de culturas e gestão de recursos, consolidando-se como polo científico e tecnológico. Minas Gerais apresenta contribuições pontuais, enquanto Espírito Santo e Rio de Janeiro são quase ausentes no recorte selecionado. Essa assimetria evidencia a necessidade de maior fomento regional, cooperação institucional e políticas de incentivo à pesquisa para equilibrar o desenvolvimento tecnológico e promover transferência de conhecimento entre os estados da região, bem como entre os agricultores do setor, principalmente os inseridos na agricultura familiar (OURO-SALIM; FANHO, 2025).

De forma integrada, os resultados apontam que a IA no agronegócio não deve ser entendida apenas como tecnologia operacional, mas como elemento estratégico para inovação, governança e sustentabilidade. A evolução temporal e tecnológica confirma que, quando integrada a sensores, sistemas de gestão, IoT e Big Data, a IA pode promover eficiência produtiva, redução de perdas, gestão ambiental e planejamento territorial, solidificando-se como tecnologia indispensável para a modernização do setor agropecuário no Sudeste brasileiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este ensaio reflexivo aponta que a inteligência artificial tem se consolidado como vetor transformador no agronegócio do Sudeste brasileiro, promovendo avanços significativos no monitoramento de culturas, na pecuária de precisão e na gestão de recursos naturais. A integração da IA com tecnologias emergentes impulsiona um agronegócio digital, inteligente e sustentável. Essa convergência tecnológica amplia a capacidade de análise preditiva, reduz desperdícios, antecipa cenários de mercado e climáticos e fortalece a sustentabilidade econômica e ambiental. Além disso, favorece a inclusão de diferentes perfis de produtores, democratizando o acesso à inovação e promovendo maior equidade tecnológica no setor.

Apesar desses avanços, persistem desafios estruturais, como desigualdade regional na distribuição de pesquisas, limitações de infraestrutura, barreiras ao acesso ao crédito e lacunas na capacitação técnica de produtores, especialmente na agricultura familiar. Superar essas limitações exige políticas públicas integradas, investimentos estratégicos em infraestrutura, programas de extensão rural e mecanismos de governança tecnológica que incentivam a adoção ampla e sustentável de soluções digitais.

As análises indicam ainda diversas oportunidades para pesquisas futuras: expansão da pecuária de precisão com sensores inteligentes e algoritmos avançados; integração multidisciplinar de tecnologias emergentes para gerar informações preditivas em tempo real; modelagem avançada de recursos naturais por meio de aprendizado profundo e estatística bayesiana; desenvolvimento de soluções acessíveis para a agricultura familiar; protocolos de segurança e governança digital; avaliação de impactos econômicos e ambientais; e promoção de inovação aberta e colaboração institucional.

A IA não deve ser compreendida apenas como uma ferramenta operacional, mas como um elemento estratégico capaz de reconfigurar o agronegócio regional, promovendo inovação e sustentabilidade. O avanço do setor no Sudeste depende da articulação entre inovação tecnológica, gestão eficaz de recursos, desenvolvimento social e políticas públicas consistentes. Assim, a IA se materializa como um pilar essencial para a modernização, competitividade e sustentabilidade do agronegócio brasileiro, estabelecendo bases para um futuro em que a agricultura e a pecuária se tornem cada vez mais digitais, inteligentes e adaptadas aos desafios ambientais e socioeconômicos complexos.

REFERÊNCIAS

ARANTES, M. C. S.; SILVA, E. A.; SILVA JÚNIOR, A. C. S. Gestão da inteligência artificial na agroindústria do setor lácteo: propostas, desafios e perspectivas. **Revista de Administração e Contabilidade Da UNIFAT**, v.16, n.1, p.1-17,2024.
<https://reacfat.com.br/reac/article/view/330>. Acesso em 3 set. 2025.

BATISTA, L.S.; KUMADA, K.M.O. Análise metodológicas obre as diferentes configurações da pesquisa bibliográfica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, v.8, p.1-17,

e021029,2021. <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/113>. Acesso em 3 set. 2025.

BRAUCKS, J.B.; AZEVEDO, G.P.; NEUBAUER, V.S.; ECKERT, N.H. Pesquisa Bibliográfica como Metodologia de Pesquisa Científica. **RELACult – Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, v.11, p.1-11,2025. <https://doi.org/10.23899/g0q8kq90>

CARVALHO, J.; GUIMARAES, N. R. S. Utilizando sensores de IOT e big data para aprimorar a produção de culturas de precisão: uma análise. Simpósio de Engenharia de Produção Universidade Federal de Catalão 25 a 27 de setembro de 2024, Catalão, Goiás, Brasil. **Anais**. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/UTILIZANDO_SENDORES_DE_IOT_E_BIG_DATA_PARA_APRIMORAR_A_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_CULTURAS_DE_PRECIS%C3%83O_UMA_ANALISE.pdf. Acesso em 26 out. 2025.

CASTRO, M. **Agropecuária e desenvolvimento regional**: aspectos tecnológicos e sociais. Rio de Janeiro: IPEA, 2012.

CASTRO, M. **Agricultura familiar e produção agropecuária**: análise regional. Brasília: IPEA, 2013.

CASTRO, W.; MARCATO JUNIOR, J.; POLIDORO, C.; OSCO, L. P.; GONÇALVES, W. et al. Deep Learning Applied to Phenotyping of Biomass in Forages with UAV-Based RGB Imagery. **Sensors**, v.20, n.17, p. 4802, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20174802>

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (EMATER/MG). **Relatório de administração**, 2024. https://www.emater.mg.gov.br/doc/REL_ATIVIDADE/relatorio_de_administracao_2024.pdf. Acesso em 26 out. 2025.

GOMES, E.S. **Efeito do tratamento de sementes de soja com micronutrientes em associação com ultrassom sobre o desenvolvimento inicial de plântulas avaliado por imagens multiespectrais**. 2023. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências -Energia Nuclear na Agricultura) - Instituição de Ensino, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

HOUILLIER, F. **Novo panorama mundial vai exigir mudanças na pesquisa agropecuária**. Embrapa, 2013. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br/imprensa/noticias/2013/setembro/2a-semana/novo-panoramamundial-vai-exigir-mudancas-na-pesquisa-agropecuaria>. Acesso em: 20 out. 2025.

HU, G.; YIN, C.; WAN, M.; ZHANG, Y.; FANG, Y. Recognition of diseased Pinus trees in UAV images using deep learning and AdaBoost classifier. **Biosystems Engineering**, v.194, p.138-151,2020. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.03.021>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades federativas. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS-IBP; CEL – CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA/COPPEAD – INSTITUTO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO/UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Transporte rodoviário e seus impactos sobre a agropecuária**. Rio de Janeiro, 2007.

IRIGARAY, H. A. R.; STOCKER, F.; GIRÃO, M.; SARAIVA JUNIOR, F. Automação Limitada: um novo olhar analítico para a inteligência artificial. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 23, n. 2, p. 1-3, 2025. DOI: 10.1590/1679-395193456.

- LIMA, J.J.A. **Fusão de sensores para obtenção de dados de produtividade em colhedora de cana-de-açúcar**. 2019.106 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Instituição de Ensino, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
- LIN, D.; FU, K.; WANG, Y.; XU, G.; SUN, X. M. Gans: unsupervised representation learning for remote sensing image classification. **EEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v.14, n.11, p. 1-5,2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1612.08879>
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC)**, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>. Acesso em: 30 set 2025.
- MANOEL, A. A; ANDION, C. Agricultura urbana, inovação social e governança: um estudo em Florianópolis. **Caderno Metrôpoles**, v. 25, n. 57, p. 563-590, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5709>
- MENDES, R.; TEIXEIRA, A.; SALVATO, J. Investimentos em infraestrutura e produtividade agrícola. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 2, p. 211–230, 2009.
- NEZAMI, S.; KHORAMSHAHI, E.; NEVALAINEN, O.; POLONEN, I.; HONKAVAARA, E. Tree species classification of drone hyperspectral and RGB imagery with deep learning convolutional neural networks. **Remote Sensing**, v.12, n.7, p. 1070,2020. <https://doi.org/10.3390/rs12071070>
- OLIVEIRA, A.N. **Análise de tomates orgânicos e não orgânicos para contaminantes através de espectrometria de massas e inteligência artificial**. 2022.48f. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Médica) - Instituição de Ensino, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- OSCO, L. P.; NOGUEIRA, K.; RAMOS, A.P.M.; PINHEIRO, M.M.F. Semantic segmentation of citrus-orchard using deep neural networks and multispectral uav-based imagery. **Precision Agriculture**, v.22, n.4, p. 1-18,2021. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09777-5>
- OURO-SALIM, O.; FANHO, AD. Inteligência artificial na agricultura familiar: capacitação, governança e inovação. **Revista Delos**, v.18, n.69, p.e5992,2025. <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n69-130>.
- PEREIRA, G.M.S. **Mapeamento do uso e cobertura da terra utilizando séries temporais de imagens do satélite Venüs e algoritmos de aprendizado de máquina**. 2021.100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Instituição de Ensino, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- PÉRICO, E.; SANTANA, F. **Logística e transporte na agropecuária brasileira**. São Paulo: Atlas, 2010.
- PIRES, J. **Produção agrícola no Sudeste: panorama histórico e contemporâneo**. São Paulo: USP, 2013.
- QUEIROZ, B.M. **Uso de machine learning no manejo da irrigação e estimativa da produtividade de milho em Piracicaba**.2023.130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Instituição de Ensino, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo
- RAMOS, A.M.M.; GOMES, F.D.G.; PINHEIRO, M.M.F.; FURUYA, D.E.G.; GONÇALVEZ, W.N. et al. Detecting the attack of the fall armyworm (Spodoptera frugiperda) in cotton plants with machine learning and spectral measurements. **Precision**

Agriculture, v.23, p. 470-49,2022. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09845-4>. Acesso em: 30 set 2025.

REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In: Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEEExplore, june 27th to 30th, 779-788,2016. **Annals**. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7780460>. Acesso em: 01 out 2025.

RIBEIRO, L.; RODRIGUES, C.; HAAG, D. **Avaliação do PAC 1 e PAC 2: investimentos em infraestrutura de transporte**. Brasília: IPEA, 2008.

SANTOS, B.D. **A contribution to the study of amazonian cities: identifying urban and socio-environmental patterns**. 2023. 168f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituição de Ensino, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo.

SANTOS, W.R.; KLINCZAK, M.N.M. Análise geográfica para implementação de tecnologias e Inteligência Artificial na agricultura de regiões rurais: região sul de Itapeva, São Paulo. **Revista Tecnológica da FATEC**, v.15, n.1, p.1-14, 2024. <https://doi.org/10.62790/rtfv15n1-016>

SARAIVA, A.M.; OSÓRIO, F.S.; COLAÇO, A.F.; DRUCKER, D.P.; MENDIONDO, E.M. et al. A inteligência artificial na pesquisa agrícola. **Revista USP**, n.141, p.91-106,2024. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.i141p91-106

SHARMA, K.; SHIVANDU, S.K. Integrating artificial intelligence and Internet of Things (IoT) for enhanced crop monitoring and management in precision agriculture. **Sensors International**, v.5, p.1-12, 100292,2024. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2024.100292>

SOUZA, G.M. **Use of a thermal sensor microchip and machine learning in the detection of changes in body temperature in dairy calves using anaplasmosis as a disease mode**. 2022. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituição de Ensino, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

VASCONCELOS, E.S.; SANTOS, F.A.de. Eficiência produtiva e sustentabilidade agrícola: integração de dados quantitativos para o planejamento estratégico. **Roots of the Future: Innovations in Agricultural and Biological Sciences**, p. 225-248, 2024. <https://doi.org/10.56238/sevened2024.032-016>

VASCONCELOS, E.S.; SILVA, L.A.; MELO, D.V.; LIMA, A.D.; PAIVA, L.F.R et al. Inteligencia artificial en la gestión agrícola: uso de modelos de bosque aleatorio para la predicción de producción y reserva de semillas en Brasil. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, v.22, n.6, p. e5078,2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n6-052>

ZARZAR, C.A. **Estatística aplicada à aquicultura, desafios e métodos para a modelagem de crescimento do camarão cinza**. 2023. 95 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Instituição de Ensino, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.